

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-231908

(43)Date of publication of application : 02.09.1998

(51)Int.Cl.

F16H 15/38

C21D 1/06

C21D 9/40

(21)Application number : 09-035253

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 19.02.1997

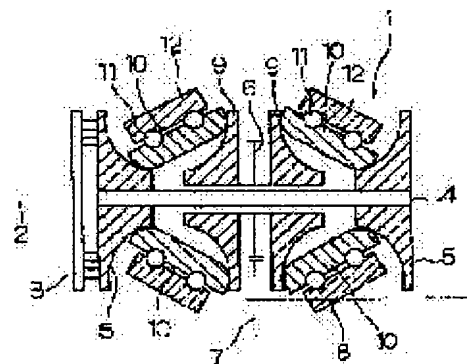
(72)Inventor : UCHIYAMA NORIKO  
KINO NOBUO  
TAKEMOTO SHINICHIRO  
WATANABE YOICHI

## (54) ROLLER FOR TROIDAL TYPE CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide long life rolling elements which are used in a troidal type continuously variable transmission and whose rolling lifetime is prolonged, by preventing drop of the hardness originating from a temp. rise in the rolling part, and reducing the depressing depth of the rolling surface to a great extent.

**SOLUTION:** A troidal type continuously variable transmission 1 includes a plurality of metal rolling elements (input disc 5, output disc 9, power roller 10) in contact through a lubricating oil, and when rolling elements are manufactured, a steel for mechanical structure is shaped into a roller form and subjected to a carburization quench-and-temper process or a carburization nitriding quench-and-temper process, or otherwise subjected to a carburization quenching process or carburization nitriding quenching process followed by a high frequency quench-and-temper process, and after the grinding of the rolling surface, it is subjected to a shot-peening followed by a finishing process so that the surface hardness becomes over HV800 and the surface roughness below Ra 0.1 $\mu$ m.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-231908

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

F 1 6 H 15/38

F 1 6 H 15/38

C 2 1 D 1/06

C 2 1 D 1/06

A

9/40

9/40

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-35253

(22) 出願日

平成9年(1997) 2月19日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 内 山 典 子

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(72) 発明者 木 野 伸 郎

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(72) 発明者 竹 本 真一郎

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小塩 豊

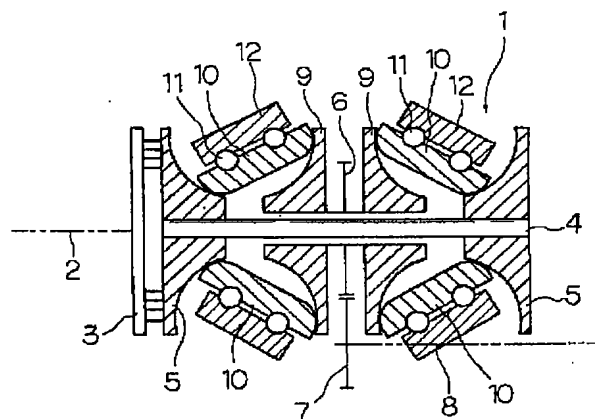
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トロイダル式無段変速機用転動体およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 転動部の温度上昇による硬さ低下を防止し、転動面の陥没深さを大幅に低減して、転動寿命がより一層向上した長寿命のトロイダル式無段変速機用転動体を提供する。

【解決手段】 潤滑油を介して接触する複数の金属製転動体(入力ディスク5, 出力ディスク9, パワーローラ10)を用いたトロイダル式無段変速機1において転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて転動体形状に成形したあと浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、あるいは、浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行って、転動面の表面硬さをHV800以上、表面粗さをRa0.1 $\mu$ m以下とした転動体を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 潤滑油を介して接触する複数の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどし後に転動面にショットピーニングが施されていて転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下となっていることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項2】 潤滑油を介して接触する複数の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしした後に転動面にショットピーニングが施されていて転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下となっていることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項3】 潤滑油を介して接触する複数の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて成形したあと浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行って、転動面の表面硬さをHV800以上、表面粗さをRa0.1μm以下とすることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項4】 潤滑油を介して接触する複数の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行って、転動面の表面硬さをHV800以上、表面粗さをRa0.1μm以下とすることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項5】 ショットピーニングに際して、平均硬さがHV700～800で且つ平均粒径が0.6mm以下のショットを用い、転動中の硬度低下を抑制しなおかつ転動面の面粗度を低下させることなく転動疲労寿命を向上させる請求項4または5に記載のトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、自動車などの車両やその他の回転動力源等において、無段変速機として使用することが可能であるトロイダル式（転がり式）無段変速機を構成する転動体およびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【課題が解決しようとする課題】 自動車などの車両において使用される変速機としては、従来の4段や5段などの有段変速機に代えて、無段変速機を採用する試みもな

されており、数年前より一部実用化されて市販されているものもある（“新型車解説書 NISSANマーチ”平成4年1月 日産自動車株式会社 編集発行C-9頁～C-48頁）。

【0003】 この無段変速機は、連続的に変速するため、燃費、動力性能が向上すること、変速ショックがないこと、等の特長を持っており、その構造によって、ベルト式とトロイダル式の2つに大別される。

【0004】 その中で、トロイダル式の無段変速機は、図1に示すように、潤滑油を介して接触する金属製転動体を用いた構造を有するものであって、このトロイダル式無段変速機1は、入力軸2に接続したローディングカム3および連結軸4を介して一体で回転する入力ディスク5、5を備えていると共に、歯車6、7を介して出力軸8を回転させる出力ディスク9、9を備え、入力ディスク5、5と出力ディスク9、9との間にパワーローラ10、10、10、10を設け、各パワーローラ10はボールベアリング11を介して各々支持体12により支持された構造を有するものである。

【0005】 そして、このトロイダル式無段変速機1では、入力ディスク5と出力ディスク9との間で挟まれたパワーローラ10の傾きを変化させ、入力ディスク5と出力ディスク9の相対回転速度を変えて変速しつつ、入力軸2から出力軸8へと動力を伝達する仕組みになっている（特開平1-229158号など）。

【0006】 このようなトロイダル式無段変速機1の金属製転動体（5、9、10）においては、トルクを伝達するために入力ディスク5に対しローディングカム3によって荷重を加えるようにしているので、駆動した際に入力ディスク5とパワーローラ10の間、およびパワーローラ10と出力ディスク9との間に、最大4GPa程度にまで達する高い接触圧力が生じると共に、転動体内部の深い位置に高いせん断応力が発生する。

【0007】 そのため、従来の場合においては、機械構造用鋼に浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどし等の表面硬化処理を施すことによって表面硬さを確保し、深い硬化層を得るようにすることもあった（特開平7-71555号など）。しかしながら、入力ディスク5、出力ディスク9、パワーローラ10等の転動体の接触面では高い接触圧力が生じ、スピンすべりによって生じる発熱により転動体接触部の温度が上昇し、硬さが低下することによって早期剥離、破損を起こし易く、転動疲労寿命を低下させるという問題点があった。

## 【0008】

【発明の目的】 本発明は、上記した課題にかんがみてなされたものであって、機械構造用鋼を素材とし、浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、あるいは、浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上

10

20

30

40

50

げ加工を行うことにより、転動面の面粗度を低下させることなく表面硬さを向上させることで、転動部の温度上昇による硬さの低下を防止し、転動寿命がより一層向上した長寿命のトロイダル式無段変速機用転動体を提供することを目的としている。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、請求項1に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどし後に転動面にショットピーニングが施されている転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下となっている構成としたことを特徴としている。

【0010】同じく、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、請求項2に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしした後に転動面にショットピーニングが施されている転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下となっている構成としたことを特徴としている。

【0011】また、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法は、請求項3に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて成形したあと浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行って、転動面の表面硬さをHV800以上、表面粗さをRa0.1μm以下とする構成としたことを特徴としている。

【0012】同じく、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法は、請求項4に記載しているように、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、素材として機械構造用鋼を用いて浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行って、転動面の表面硬さをHV800以上、表面粗さをRa0.1μm以下とする構成としたことを特徴としている。

【0013】そして、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法の実施態様においては、請求項5に記載しているように、ショットピーニングに際して、平均硬さがHV700～800で且つ平均粒径が

0.6mm以下のショットを用い、転動中の硬度低下を抑制しなおかつ転動面の面粗度を低下させることなく転動疲労寿命を向上させるようになることができる。

【0014】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体およびその製造方法において、機械構造用鋼としては、JISに制定された機械構造用炭素鋼であるSCや、機械構造用合金鋼であるSNC、SNCM、SCR、SCM、SMn、SMnC等を用いることができ、必要に応じて適宜の添加元素を適量含有させたものを用いることができる。

【0015】また、場合によっては、表面硬化処理後にバニシング加工を行うこともできる。このバニシング加工は、ボールまたはローラを押しつけて転がすことにより材料を加工硬化させて強化し、予め、実働時と同等の最大せん断応力 $\tau_0$ を実働時と同等の最大せん断応力深さZ $\phi$ 位置付近に発生させる条件（工具形状、押しつけ荷重等）で行うことにより、最大せん断応力深さZ $\phi$ 位置近傍に微小な塑性変形および残留オーステナイトの加工誘起変態を実働前に生じさせて最大せん断応力深さZ $\phi$ 位置近傍を強化させて転動面の陥没による寸法精度の低下を抑制して転動疲労寿命を向上させるようになることができる。

#### 【0016】

【発明の作用】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、請求項1に記載の発明では機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどし後に転動面にショットピーニングが施されている、また、請求項2に記載の発明では機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしした後に転動面にショットピーニングが施されている、それぞれ、転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下となっていることを特徴とするものであり、また、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法は、潤滑油を介して接触する複数個の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、請求項3に記載の発明では素材として機械構造用鋼を用いて成形したあと浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、また、請求項4に記載の発明では素材として機械構造用鋼を用いて成形したあと浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを施し、それぞれ、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行って、転動面の表面硬さをHV800以上、表面粗さをRa0.1μm以下とするようにしたことを特徴とするものであるが、このような構成とした理由について作用と共に説明する。

【0017】図1に例示したようなトロイダル式無段変

10

20

30

40

50

速機1の入力ディスク5、出力ディスク9、パワーローラ10などの転動体は、高荷重を受けながら高速で回転する。そして、高荷重を受けながら高速で回転する場合、転動部ではスピン滑りによって発熱を生じて温度が上昇するため、転動部の硬さは熱によって低下（軟化）し、接触面が陥没することによって、早期剥離や破損を起こし易く、転動疲労寿命を低下させてしまうことになる。

【0018】例えば、図1のトロイダル式無段変速機1に適用した場合、転動部を通過した潤滑油の温度は、流入前に比較して30℃程度上昇していることから、潤滑油の温度が100℃では、転動体の接触部は最低でも130℃程度まで上昇しているという記述がある（特開平7-208568号公報等）。

【0019】一方、ショットピーニングは、一般に、浸炭最表面の異常層（軟化層）をつぶすことによって疲労強度の低下を改善し、圧縮残留応力の増大による疲労強度の向上が期待できることから、トロイダル式無段変速機への適用例がある（特開平7-07155号公報、特開平7-208568号公報等）。

【0020】さらに、ショットピーニングによって、残留オーステナイトがマルテンサイトへ加工誘起変態することで、加工前の硬さに対して表面硬さが15～130%程度向上することが知られており（「鉄鋼材料便覧」

日本金属学会、日本鉄鋼協会編、第226頁）、機械構造用鋼に浸炭または浸炭窒化処理した後、場合によってはさらに高周波焼入れした後、ショットピーニングを実施すると、表面硬さはHV800以上が達成できる。

【0021】転動疲労強度の向上は、焼もどし軟化抵抗性が高くなるほど増大することから、ショットピーニングを施さない場合に比較して、ショットピーニングを施した場合に表面硬さが向上するため、300℃焼もどし硬さも向上する。

【0022】しかし、ショットピーニングを施すと、ショット痕の影響で表面が荒れてしまうため、金属接触を起こしやすくなることから、かえって転動疲労強度が低下してしまうという問題もあった。

【0023】例えば、トラクションドライブ無段変速機用転動体の表面粗さの記述としては、（社）日本トライボロジー学会 トライボロジー会議の予稿集、（名古屋1993-11）、第657頁-第660頁の文献がある。

【0024】この文献には、自動車用ハーフトロイダル型トラクションドライブ無段変速機に現われるような高面圧、高周速、高温度を考慮した試験方法および試験条件では、転動体となる駆動ローラおよび従動ローラの平均表面粗さをRa0.08μm以下にした場合に、金属接触の影響は小さいという記述がある。

【0025】従って、転動疲労強度の向上のため金属接触の影響を小さくするには、転動体の平均表面粗さをR

a0.1μm以下とすることが望ましい。

【0026】一方、ショットピーニングによる加工層の深さは浅いので、ショットピーニング後に切削などの加工を行うと、この層が失われてしまい、表面硬さの向上効果は少なくなってしまう。

【0027】そこで、浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ、あるいは、浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後高周波焼入れ等の表面硬化処理を施した後、予め研削加工を行い、寸法精度を確保した上で、ショットピーニングを施し、その後ラッピング等の仕上げ加工を行うことで、表面粗さRa0.1μm以下を達成できる。

【0028】また、ショットピーニングの際のショットには、平均硬さがHV700～800で且つ平均粒径が0.6mm以下のものを用いることで、表面粗さRa0.1μm以下を達成できるが、平均硬さがHV700～800を超え、平均粒径が0.6mmを超えるものでは、表面粗さRa0.1μm以下を達成することが難しい。

【0029】従って、本発明では、機械構造用鋼を素材とし、浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行うことによって、あるいは、浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行うことによって、転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下とすることで、転がり接触面での金属接触を防ぎ、高荷重・高回転においても軟化抵抗に優れ、硬度低下が抑制されて、接触後の陥没量が低減し、剥離寿命が向上する。

【0030】

【発明の効果】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体では、潤滑油を介して接触する複数の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において、請求項1に記載の発明では機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどし後に転動面にショットピーニングが施されていて、また、請求項2に記載の発明では機械構造用鋼を素材とし且つ浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしした後に転動面にショットピーニングが施されていて施されていて、転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下となっている構成としたから、転がり接触面での金属接触を防ぎ、高荷重・高回転下においても軟化抵抗に優れ、硬さ低下が抑制され、接触後の陥没量が低減し、剥離寿命が向上することによって、転動疲労寿命をより一層向上させたトロイダル式無段変速機用転動体とすることが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0031】そして、請求項1に記載しているような浸

10

20

30

40

50

炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを採用したときでも、また、請求項2に記載しているような浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを採用したときでも、それぞれの焼入れ方法がもつ特長を活かしたうえで、いずれの場合においても、転動疲労寿命をより一層向上させたトロイダル式無段変速機用転動体とすることが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

【0032】また、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法では、潤滑油を介して接触する複数の金属製転動体を用いたトロイダル式無段変速機において前記転動体を製造するに際し、請求項3に記載の発明では素材として機械構造用鋼を用いて成形したあと浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、また、請求項4に記載の発明では素材として機械構造用鋼を用いて成形したあと浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後さらに高周波焼入れ焼もどしを施し、それぞれ、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施し、その後仕上げ加工を行って、転動面の表面硬さをHV800以上、表面粗さをRa0.1μm以下とするようにしたから、請求項1および2に記載したごとく転動疲労寿命をより一層向上させたトロイダル式無段変速機用転動体を製造することが可能であるという著大なる効果がもたらされる。

#### 【0033】

【実施例】この実施例においては、先に説明した図1のトロイダル式無段変速機1に適用した場合について述べる。すでに説明したように、図1に示すトロイダル式無段変速機1は、金属製転動体である入力ディスク5、出力ディスク9およびパワーローラ10を1組とし、必要とされる動力伝達性能により1組ないしは複数組（本実施例の場合は2組）から構成される。

【0034】これらの金属製転動体である入力ディスク5、出力ディスク9およびパワーローラ10において、その素材としてはいずれも表1および表2に示すような機械構造用鋼であるSCM420H、SCM440Hを使用した。

【0035】熱間鍛造後焼準処理を行った鋼材を部品形

状に機械加工した後、SCM420Hには図2、図3に示す表面硬化処理条件の浸炭焼入れ焼もどし、または図4、図5に示す表面硬化処理条件の浸炭窒化焼入れ焼もどし、または図6に示す表面硬化処理条件のプラズマ浸炭焼入れ焼もどしを施した。

【0036】また、SCM440Hには図7に示す表面硬化処理条件の浸炭焼入れ後高周波焼入れ焼もどし、または図8に示す表面硬化処理条件の浸炭窒化焼入れ後高周波焼入れ焼もどしを施した。

10 【0037】なお、図2～図6に示す表面硬化処理条件の浸炭焼入れ焼もどし、浸炭窒化焼入れ焼もどし、プラズマ浸炭焼入れ焼もどしに際しては、網状炭化物を球状化するために2次焼入れを実施した。

【0038】そして、各条件で表面硬化処理を行った後、転動面等の研削加工を行って所定の寸法形状に仕上げた。その後、エアノズルタイプのショットピーニング機械を用い、同じく表1および表2に示す平均粒径0.3～0.8mm、硬さがHV700～800のラウンドカットワイヤをショットとして用いて、アークハイト0.48mmA、カバレッジ300%以上でショットピーニング加工を行った。

20 【0039】その後、転動面をラッピング加工により仕上げ加工して、入力ディスク5、出力ディスク9およびパワーローラ10を作製した。

【0040】次いで、作製した入力ディスク5、出力ディスク9およびパワーローラ10の品質を確認するために、転動面の表面粗さを測定し、また、ビッカース硬度計で常温での硬さ測定を行った。そしてさらに、高温での軟化抵抗性を知るために、300℃で3時間焼もどし処理を施したのちの硬さをも測定した。

30 【0041】次に、これらの転動体を図1に示した様に組み付けてトロイダル式無段変速機1とし、表3に示す試験条件で耐久試験を実施して、耐久試験後の陥没深さを測定した。

【0042】これらの測定結果を同じく表1および表2に示す。

【0043】

【表1】

区分	番号	鋼種	表面硬化処理 (図面)	ショット ピーニング	ショット径 (mm)		
実施例	1	SCM420H	浸炭 (図2)	有り	φ0.3~0.4		
	2	SCM420H	浸炭 (図3)	有り	φ0.5~0.6		
	3	SCM420H	浸炭窒化 (図4)	有り	φ0.3~0.4		
	4	SCM420H	浸炭窒化 (図4)	有り	φ0.5~0.6		
	5	SCM420H	浸炭窒化 (図5)	有り	φ0.3~0.4		
	6	SCM420H	プラズマ浸炭 (図6)	有り	φ0.3~0.4		
	7	SCM420H	プラズマ浸炭 (図6)	有り	φ0.5~0.6		
	8	SCM440H	浸炭+高周波 (図7)	有り	φ0.3~0.4		
	9	SCM440H	浸炭窒化+高周波 (図8)	有り	φ0.3~0.4		
転動面の表面粗さ Ra (μm)		転動面の表面硬さ		耐久時間 (時間)	陥没深さ (μm)	番号	区分
		常温 (HV)	300℃ (HV)				
0.04		859	739	100時間以上	2	1	実施例
0.09		866	749	100時間以上	1	2	
0.05		898	752	100時間以上	1	3	
0.1		883	750	100時間以上	1	4	
0.05		833	741	100時間以上	2	5	
0.03		876	736	100時間以上	1	6	
0.09		899	746	100時間以上	1	7	
0.03		860	735	100時間以上	2	8	
0.04		854	726	100時間以上	2	9	

【0044】

\* \* 【表2】

区分	番号	鋼種	表面硬化処理 (図面)	ショット ピーニング	ショット径 (mm)		
比較例	1	SCM420H	浸炭 (図3)	無し	—		
	2	SCM420H	浸炭窒化 (図5)	無し	—		
	3	SCM440H	浸炭+高周波 (図7)	無し	—		
	4	SCM440H	浸炭窒化+高周波 (図8)	無し	—		
	5	SCM420H	浸炭 (図2)	有り	φ0.7~0.8		
	6	SCM420H	浸炭窒化 (図4)	有り	φ0.7~0.8		
	7	SCM420H	プラズマ浸炭 (図6)	有り	φ0.7~0.8		
転動面の表面粗さ Ra (μm)		転動面の表面硬さ		耐久時間 (時間)	陥没深さ (μm)	番号	区分
		常温 (HV)	300℃ (HV)				
0.04		753	608	48	14	1	比較例
0.03		764	643	75	10	2	
0.03		747	601	41	14	3	
0.03		751	597	50	16	4	
0.16		873	743	16	10	5	
0.15		846	734	19	12	6	
0.14		882	742	20	12	7	

【0045】

【表3】

耐久試験条件	
接 触 面 圧 ( P m a x )	4 . 0 G P a
最大せん断応力深さ	0 . 6 m m
滑 り 率	1 % 以下
変 速 比	一 定
潤 滑 油	ト ラ ク シ ョ ン オ イ ル
潤 滑 油 温	8 0 ℃

【0046】表1および表2より明らかなように、本発明の実施例1～5に示すごとく、浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどし後に転動面にショットピーニングが施されていて転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さがRa0.1μm以下であるものとする。ことによって、転がり接触面での金属接触を防ぎ、耐久試験100時間経過後においても転動面の陥没深さを小さいものとする事が可能であって、これにより剥離の発生が大幅に低減され、転動疲労寿命に優れるものにすることが確かめられた。

【0047】また、実施例6～7に示すごとく、プラズマ浸炭焼入れ焼もどし後に転動面にショットピーニングが施されていて転動面の表面硬さがHV800以上、表面粗さが0.1μm以下であるものとしたときでも、浸炭焼入れ焼もどしや浸炭窒化焼入れ焼もどし後にショットピーニングが施されていて所定の硬さおよび粗さとなっているものと同様に優れたものにすることができ、高温処理のため浸炭時間の大幅な短縮が可能であることが確認された。

【0048】さらにまた、実施例8～9に示すごとく浸炭焼入れまたは浸炭窒化焼入れ後にさらに高周波焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施すことによっても、転動面の陥没深さおよび寿命は浸炭焼入れ焼もどしまたは浸炭窒化焼入れ焼もどしを施し、転動面の研削加工を行った後に前記転動面にショットピーニングを施したものと同等に優れたものとなり、浸炭時間の大幅な短縮が可能であることが確認された。

【0049】これに対し、比較例1～4に示すごとくショットピーニングを施さない場合には、常温での表面硬さが低いために、300℃での焼もどし硬さも低いものとなり、それゆえ、転動面の陥没量が多く、短時間で剥

離が発生するものとなっていた。

20 【0050】また、比較例5～7に示すごとく、ショットピーニングを施したとしてもショットの大きさが過大である場合には、常温での硬さおよび300℃での焼もどし硬さが大であっても、転動面の表面粗さがRa0.1μm超過となり、転がり接触面での金属接触を起こすために、表面温度の上昇幅が大きくなることから、同じショットピーニングを施したものに比べて陥没量が多く、短時間で剥離が発生するものとなっていた。

【図面の簡単な説明】

30 【図1】トロイダル式（転がり式）無段変速機の構造を例示する断面説明図である。

【図2】本発明の実施例で採用したガス浸炭焼入れ焼もどしによる表面硬化処理条件を示す説明図である。

【図3】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭焼入れ焼もどしによる表面硬化処理条件を示す説明図である。

【図4】本発明の実施例で採用したガス浸炭窒化焼入れ焼もどしによる表面硬化処理条件を示す説明図である。

40 【図5】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭窒化焼入れ焼もどしによる表面硬化処理条件を示す説明図である。

【図6】本発明の実施例および比較例で採用したプラズマ浸炭焼入れ焼もどしによる表面硬化処理条件を示す説明図である。

【図7】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭後高周波焼入れ焼もどしによる表面硬化処理条件を示す説明図である。

【図8】本発明の実施例および比較例で採用したガス浸炭窒化後高周波焼入れ焼もどしによる表面硬化処理条件を示す説明図である。

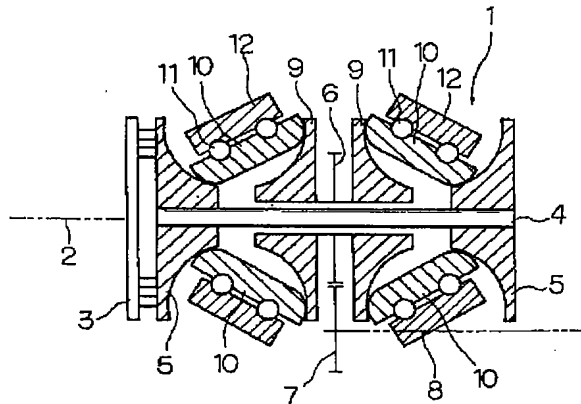
50 【符号の説明】



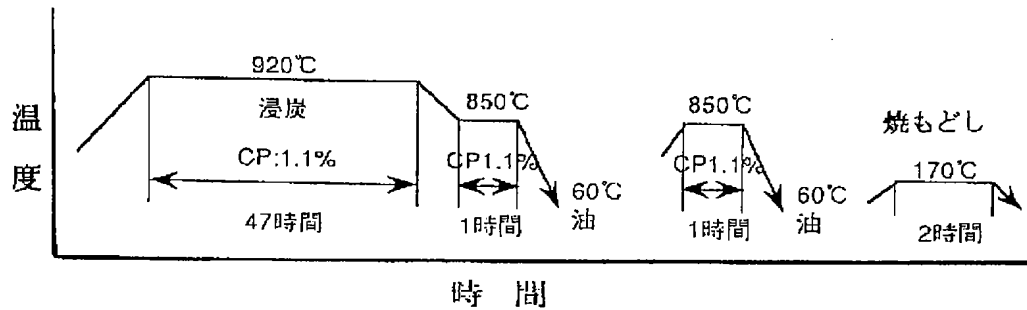
- 1 トロイダル式（転がり式）無段変速機  
5 入力ディスク（転動体）

- \* 9 出力ディスク（転動体）  
\* 10 パワーローラ（転動体）

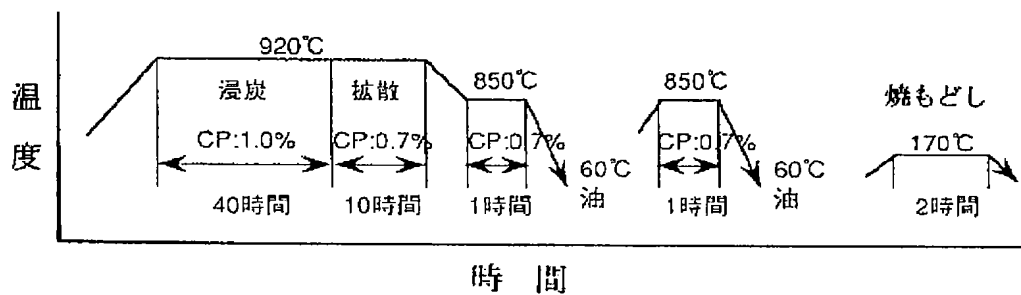
【図1】



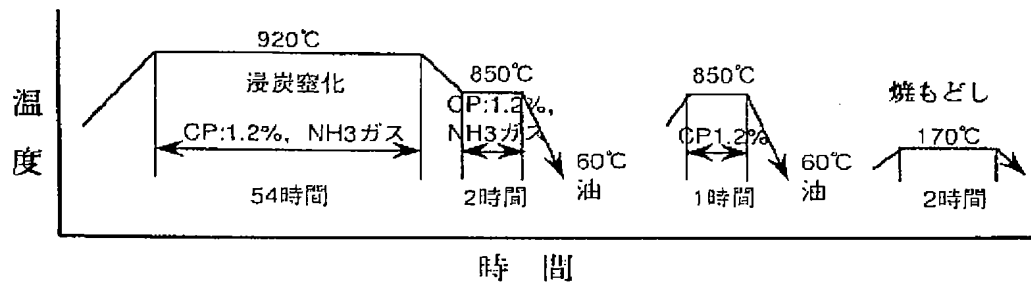
【図2】



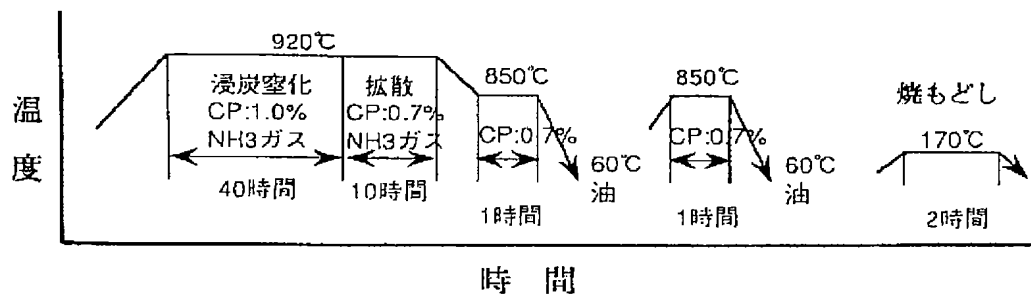
【図3】



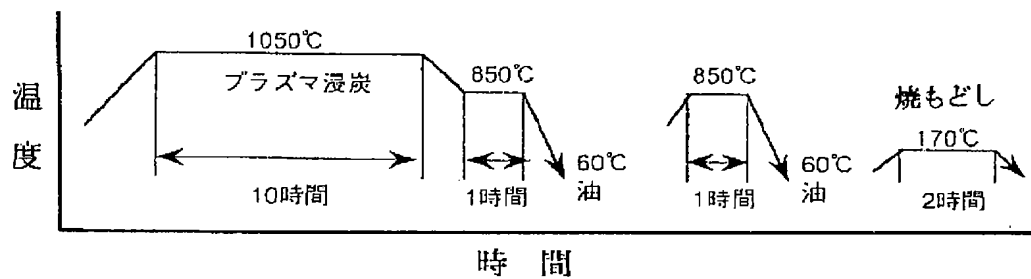
【図4】



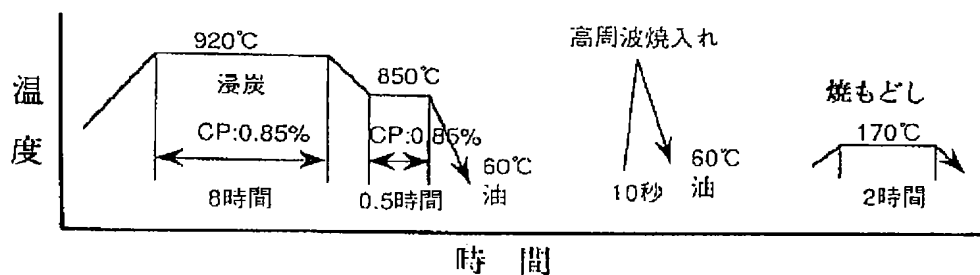
【図5】



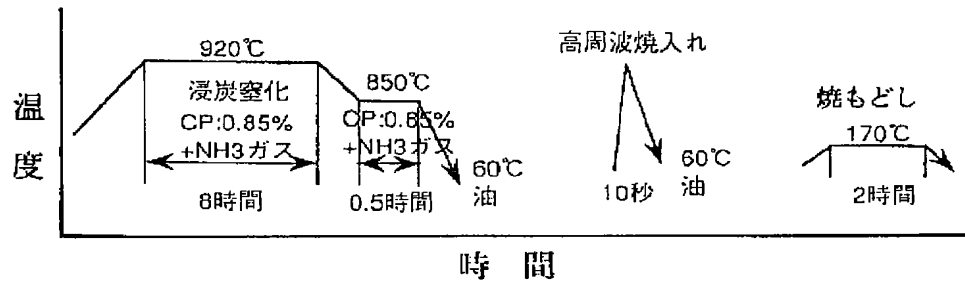
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 渡 辺 陽 一  
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
 自動車株式会社内